

Juin 2014
volume n° 4 / numéro n° 1
www.agronomie.asso.fr

Agronomie

environnement & sociétés



La revue de l'association française d'agronomie

Des
politiques publiques à
l'efficacité économique des entreprises agricoles :
quelles synergies entre agronomie et économie ?

ASSOCIATION FRANÇAISE
AGRONOMIE



Agronomie, Environnement & Sociétés est une revue à comité de lecture et en accès libre éditée par l'Association Française d'Agronomie (AFA) sous le numéro ISSN 1775-4240. Plus d'informations www.agronomie.asso.fr/aes. L'AFA est une association à but non lucratif qui publie des travaux en accès libre.

Les articles sont publiés sous la licence Creative Commons2.0. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

Nouvelles configurations pour la recherche en agriculture

New configurations for agricultural research

Philippe V. BARET

Agronome, Professeur ordinaire

*Earth and Life Institute - Université de Louvain (Belgique)
E-mail : philippe.baret@uclouvain.be*

Résumé

Les agricultures du monde sont contraintes de développer des capacités nouvelles pour répondre aux enjeux d'un développement durable conciliant production alimentaire et dimensions environnementales. La recherche qui accompagne cette transition est en cours de renouvellement en termes d'objectifs et de critères d'évaluation. La prise de conscience de l'absence de neutralité des choix de recherche, de la nécessité d'une rigueur méthodologique et sémantique et de l'importance d'une démarche pluridisciplinaire à des échelles pertinentes, sont des éléments clés de cette reconfiguration. À la rigueur de toute démarche scientifique, s'ajoute aujourd'hui l'enjeu de la pertinence des questions de recherche.

Mots-clés

Innovation, interdisciplinarité, effet Matthieu, découplage, transition.

Abstract

The agricultures of the world have to develop new capabilities to answer the issues of sustainable development conciling food production and environmental dimensions. Research for the transition of food system is in need of new objectives and new criteria of validation. Scientific work is not fully neutral as different innovations strengthen different pathways of development. In a perspective of a change of paradigm towards more sustainable food systems, a clearer use of the words is required and new methodological tools have to be designed. A multidisciplinary and multiscale approach are key elements of a research for transition where both scientific excellence and societal relevance are converging.

Un contexte nouveau pour la recherche en agriculture

L'agriculture du XXI^e siècle demande de nouveaux projets. Alors que la trajectoire du XX^e siècle a été marquée par la prégnance du paradigme productiviste, l'apparition de nouveaux enjeux demande une recon-

figuration de nos systèmes alimentaires (McIntyre et al., 2009). Aux impacts du modèle industriel dominant sur la biodiversité et la qualité des eaux et des sols identifiés par quelques précurseurs dès les années 60 (Carson, 1962) et objectivés au début du XXI^e siècle (Tilman, 2000 ; Tilman et al., 2002 ; Foley et al., 2011), se sont ajoutés les impacts en termes de changement climatique (Lin et al., 2012) et de santé publique. Ce constat ne se veut pas le procès de la modernisation de l'agriculture et de la révolution verte, mais procède d'une évolution globale de nos sociétés où les impacts environnementaux des choix technologiques du XX^e siècle n'avaient pas été anticipés car ils étaient inconnus. Il ne s'agit par exemple pas de dire que les trajectoires technologiques initiées au milieu du XX^e siècle et basées sur l'augmentation de la production par la maximisation du rendement aux moyens d'un paquet technologique combinant nouvelles variétés, utilisation d'intrants de synthèses et mécanisation (Khush, 2001) ont volontairement induit un dérèglement climatique puisque le concept même de changement climatique ne date que de la fin du XX^e siècle. Il n'en reste pas moins, qu'aujourd'hui, les conséquences de ces choix sur le climat, la biodiversité et la santé sont objectivés et qu'une remise en cause de ces modèles à l'aune de nouveaux enjeux est une nécessité (Rockstrom et al., 2009). C'est pourquoi des citoyens, des décideurs et des acteurs du monde agricole sont à la recherche de trajectoires nouvelles qui pourront rencontrer une diversité d'objectifs économiques, sociaux et environnementaux.

Comment ce constat reconfigure-t-il la relation entre agronomes et économistes ? Il existe aujourd'hui d'importantes synergies entre ces deux dimensions, dans le contexte notamment d'approches par études de cas ou de travaux d'évaluation à l'échelle locale, régionale, nationale et internationale. L'objectif de cet article n'est pas d'en faire l'inventaire mais d'identifier les conditions et les opportunités nouvelles de cette synergie au départ d'une redéfinition de l'agenda assigné à l'agriculture par la société. À toutes les échelles, les agricultures et les systèmes alimentaires auxquels elles s'intègrent sont divers. Dans ce contexte, notre choix est de partir d'un archétype, volontairement simplifié d'une agriculture intensive, bien décrit notamment par Tilman (2002), pour discuter d'une part, le nécessaire recadrage de l'agenda de la recherche, et d'autre part le changement de posture du chercheur comme acteur de la transition. Ce nouveau cadre fait partie d'une configuration nouvelle des systèmes de vulgarisation et d'innovation (McIntyre et al., 2009).

Face à ce nouvel agenda, les perspectives de la recherche suivent un triple mouvement. D'une part, l'objectif n'est plus uniquement d'augmenter le rendement mais bien de combiner performances économiques, performances environnementales et équilibre social (Ericksen et al., 2009 ; Tschardt et al., 2012). Ce nouveau cadre renforce la pertinence de l'articulation des approches techniques des agronomes avec des savoirs des sciences sociales et économiques. Deuxièmement, il oblige aussi, à un réinvestissement à l'échelle de l'exploitation et au-delà. Si les approches techniques ont tendance à s'étendre à une multitude d'échelles, du moléculaire au spatial, l'articulation entre

sciences de la nature et sciences humaines et sociales n'est possible qu'à deux niveaux : celui de l'exploitation agricole où se calcule la performance économique et à un niveau macroéconomique, national et international où se jouent de nouveaux équilibres (De Schutter, 2010). Cela oblige à un changement d'échelle par rapport aux tendances de la fin du XX^{ème} siècle qui, dans la foulée des révolutions techniques de la biologie moléculaire, ont conduit à un surinvestissement de la recherche agronomique sur des échelles comme celle de la plante ou de l'animal, ou même intraplante ou animal (Bonneuil and Thomas, 2012, p.141). Dans un monde où les ressources sont limitées, privilégier une approche en recherche conduit inévitablement (Vanloqueren and Baret, 2009) aujourd'hui à des échelles supérieures, comme les systèmes de culture ou l'articulation polyculture-élevage, qui sont les plus susceptibles d'apporter de nouvelles opportunités pour des systèmes plus durables (Dumont et al., 2013). La troisième dimension est un nécessaire questionnement épistémologique sur l'évolution des méthodes des économistes. Le développement des sciences économiques a conduit à une prépondérance des approches de modélisation des comportements des agents, à l'échelle de la production, de la consommation, et des échanges (Latour and Lépinay, 2008). La sophistication des calculs cache parfois des hypothèses de départ simplificatrices de la réalité et la difficulté à prendre en compte des trajectoires non linéaires. La prise en compte de la complexité des systèmes et de nouveaux critères d'évaluation (environnementaux et sociaux) n'est pas seulement un défi en terme de sophistication des outils mathématiques, mais devrait amener à une discussion critique des fondements de certains modèles économiques sur la base de données empiriques, notamment sur les questions d'inégalité et de lien avec le développement durable et le bien-être (Wilkinson and Pickett, 2010 ; Laurent, 2011).

Défis sémantiques et méthodologiques

Les défis pour se donner les moyens d'explorer pleinement de nouvelles trajectoires sont sémantiques et méthodologiques.

L'enjeu est d'abord sémantique. Le concept de double performance économique et environnementale reste très général. Dépasser la logique de l'intention et clarifier scientifiquement et objectivement les possibles et les souhaitables en termes d'équilibre rendement-environnement, impliquent un travail sur les horizons et les trajectoires qui y mènent. La diversité des termes utilisés (agriculture écologiquement intensive, agroécologie, agriculture raisonnée, agriculture paysanne) est le reflet de visions du monde et d'ambitions qui vont de l'habillage de l'existant à une reconfiguration radicale en passant par une écologisation purement technique sans remise en question des dimensions organisationnelles ou institutionnelles. Une clarification sémantique est nécessaire mais pas suffisante : une fois les différences entre modèles établies de façon précise, une approche comparative de leurs pertinences, de leurs faisabilités et de leur compatibilité est à réaliser. Elle oblige alors à dépasser les pratiques pour penser les horizons.

Paradoxalement, dans cette effervescence sur la nécessité de « produire autrement », la question des horizons reste

dans l'implicite. Un changement de pratiques est nécessaire mais quelle sera son ampleur et quelle sera sa nature ?

Imaginer des agricultures plus sobres et moins dommageables pour l'environnement impose une mesure du progrès réalisé et du progrès nécessaire. Par exemple, la question énergétique implique une définition des exigences en termes de coût énergétique de chaque produit à des horizons de moyen et long terme. Au vu de l'évolution des prix et des réserves énergétiques, quel est le rythme attendu d'une transition énergétique en agriculture ? La contribution de l'agriculture au dérèglement climatique est significative. Les scénarios du GIEC sont disponibles et permettent d'anticiper l'effort nécessaire. Comment déterminer la contribution de l'agriculture à cet effort ? Même si ce point est souvent à l'agenda des discours et des conférences, l'évolution des indicateurs globaux n'indique pas de retournement de la tendance globale d'augmentation de la contribution de l'agriculture au changement climatique. La rencontre de pratiques innovantes, d'une prise de conscience sociétale et d'une volonté politique ont conduit des pays comme la France à diminuer l'impact absolu de leur agriculture dans le dérèglement climatique. Saluer ce progrès est une première étape, en déterminer l'intensité au regard des objectifs de durabilité est une seconde étape, tout aussi importante (voir point suivant sur le découplage).

Dans le registre conjoint de la santé publique, la question des pesticides est à l'agenda des citoyens et des politiques publiques. La volonté est de faire baisser l'utilisation de ces produits. La problématique est complexe car il s'agit bien de fixer des objectifs en volume mais encore faut-il que ces volumes diminués correspondent à une réelle diminution de la dangerosité pour la santé et de l'impact environnemental. La nature des molécules et la connaissance disponible sur leurs effets sont des éléments critiques et de nouvelles molécules agissant comme des perturbateurs endocriniens sont mis en œuvre sans que le débat sur leurs effets ne soit totalement résolu (Mantovani, 2006). Cela est d'autant plus paradoxal que des approches alternatives de la lutte contre maladies et parasites sont insuffisamment explorées faute de moyens et de motivation. Le diagnostic posé par Cowan and Gunby en 1996 reste toujours d'actualité (Vanloqueren and Baret, 2008).

Etablir des horizons qualitatifs et quantitatifs, et définir les trajectoires pour les atteindre, sont donc un premier enjeu de la réflexion pour lequel les synergies entre agronomes et économistes sont possibles.

D'un point de vue méthodologique, le niveau de l'exploitation semble être celui où cet équilibre entre critères économiques et critères environnementaux doit être intégré. C'est cette échelle que ciblent les programmes agri-environnementaux en termes d'action. Par rapport aux approches centrées sur la plante ou la parcelle, le niveau de l'exploitation ouvre à une complexité nouvelle par l'intégration des performances des différentes cultures, les dimensions spatiales et temporelles et la prise en compte de la diversité des exploitations et des filières. De nouveaux référentiels techniques sont à construire pour intégrer des éléments de complexité comme l'articulation des objectifs de production avec les exigences environnementales (Weiner, 2003). Construit sur cette double exigence, de nouveaux modes de production se développent ou retrou-

vent une nouvelle pertinence dans le cadre d'une mouvance agroécologique : systèmes de culture avec plantes associées, systèmes intégrant culture et élevage et agroforesterie (Dupraz et al., 1995 ; Graves et al., 2007). Alors que la logique axée sur le rendement a été bien équipée méthodologiquement, les approches multi-critères où interviennent d'autres dimensions (e.a. Sadok et al., 2009 ; Lebacqz et al., 2013) constituent de nouveaux défis où les outils de la microéconomie peuvent faciliter pondération et agrégation. Il s'agira aussi d'envisager des temps longs dans des systèmes comme l'agroforesterie.

Découplage relatif et absolu

Dans la définition de ces horizons, les sciences économiques sont au centre d'un débat sur le découplage qui pourrait éclairer la faisabilité du couple compétitivité-environnement. Le découplage réfère à une poursuite de la croissance sans impact sur l'environnement. En diminuant les impacts environnementaux par quantité de richesse produite, il serait possible de concilier deux objectifs : produire plus en polluant moins. Si l'idée est séduisante, son effectivité fait l'objet d'un riche débat qui met notamment en évidence la confusion entre découplage relatif et découplage absolu, c'est-à-dire respectivement la diminution de consommation par unité produite (relatif) et la diminution totale de consommation de ressources non renouvelables (absolue) (Jackson, 2009). La mobilisation de nouvelles technologies et des changements comportementaux et organisationnels ont conduit à une diminution des impacts environnementaux. Par exemple, l'évolution des technologies de la mobilité conduit à une diminution régulière de la consommation d'énergie par kilomètre parcouru. En revanche, en termes absolus, les tendances restent haussières car le nombre de kilomètres parcourus continue à augmenter. En conséquence, la consommation d'énergie globale ainsi que la production de gaz à effet de serre suivent toujours des trajectoires incompatibles avec une planète vivable à moyen terme (*Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2014). Ce débat qui anime le monde de la mobilité peut être transféré au contexte agricole. La question est bien celle des horizons des agricultures du monde : dans l'équilibre à trouver entre production et impacts, c'est bien dans l'absolu qu'il faut passer en-dessous de certains seuils et non de manière relative ou partielle. Être sobre ne suffit pas : il importe de définir l'ampleur et le rythme de cette sobriété au regard des limites des ressources comme l'énergie ou les phosphates et des exigences des grands équilibres planétaires (climat, biodiversité, composition des océans et de l'atmosphère) (Rockstrom et al., 2009 ; Foley et al., 2011).

Intérêt des approches prospectives

Cet accent nouveau sur la diversité des trajectoires possibles et l'urgence d'une prise en compte des limites planétaires motive le développement récent d'approches prospectives autour du futur des systèmes alimentaires (Paillard et al., 2010 ; Barling, 2011 ; SOLAGRO, 2014). Elles ont le mérite de montrer la diversité des possibles et notamment la pertinence de modèles aux contraintes considérées parfois comme trop extrêmes. Pour l'essentiel, elles sont basées sur

des simulations de flux physiques décrivant la production et la consommation d'aliments à l'échelle internationale et nationale. Si l'agenda environnemental est présent dans ces modèles, c'est surtout sous forme de grands principes (scénario G1 d'Agrimonde) ou d'approches volontaristes (50 % de la production en agriculture biologique dans la prospective Solagro). Une validation précise par des indicateurs environnementaux (production de gaz à effet de serre, consommation d'énergie, dépendance aux ressources non renouvelables) de l'horizon de ces différents modèles en termes d'effet sur des indicateurs de développement durable serait de nature à objectiver le débat.

Le chercheur comme acteur de la transition ?

Si l'importance d'une modification des pratiques agricoles est partagée par tous les acteurs de bonne foi, les indicateurs s'obstinent à bouger trop lentement. La tendance majoritaire dans la communauté scientifique serait de s'abstraire de ce constat, en se contentant soit d'une position de proposition par le développement de nouvelles inventions techniques, soit d'une position d'observateur. Un discours majoritaire est celui de la neutralité de la recherche et du partage des rôles : au chercheur de faire son travail en toute neutralité, et aux acteurs de terrain et aux politiques publiques de décider des trajectoires. Cette attitude de neutralité néglige deux éléments : la compétition entre trajectoires au sein même du monde de la recherche et la place des chercheurs dans les régimes socio-techniques et leur contribution aux verrouillages de ceux-ci le cas échéant. Reconnaître ces éléments conduit à une discussion sur la position éthique du chercheur.

Robert K. Merton (1968) a mis en évidence l'existence d'un effet Matthieu en science, se référant à la parole de l'évangéliste : "On va donner à celui qui possède, et il sera dans l'abondance ; mais à celui qui ne possède rien, on ôtera même ce qu'il croit avoir" (Matthieu, 25:29). Appliquée au monde de la recherche, cette parabole dit à la fois le caractère limité des ressources disponibles et les mécanismes d'attribution de ces ressources. Le taux de succès des projets de recherches est un indicateur peu diffusé mais il oscille très probablement entre 5 et 30 %. Seule une minorité de propositions de recherche est financée. Sont-ce les plus pertinentes ? Selon l'analyse de Merton, les équipes et les chercheurs qui ont déjà une notoriété, notamment sur base d'indicateurs objectifs tels que les outils bibliométriques, ont une plus grande chance de succès, ce qui leur donne de nouveaux moyens et donc augmente à nouveau leur succès à l'échéance suivante. L'effet est identique en termes de position dans le dispositif communicationnel, les favoris des médias ayant tendance à renforcer naturellement leur position. Un tel mécanisme peut paraître naturel et même efficace en termes d'allocation des ressources. Il crée toutefois une dépendance au chemin qui sur le long terme conduit au développement de recherches qui peuvent ne plus être pertinentes par rapport aux questions qui se posent. Le cas des biotechnologies est exemplaire de cet effet Matthieu et de la dépendance au chemin qu'il a généré (Vanloqueren and Baret, 2009). Si on se focalise, non pas sur le potentiel des biotechnologies qui est indéniable, mais sur la réalité du terrain où plus de 99 % des emblavements en plantes trans-

géniques sont des plantes résistantes aux insectes et tolérantes aux herbicides portées par de grandes multinationales aux motivations purement économiques, on retrouve aujourd'hui des inventions techniques transgéniques qui correspondent à un modèle du XX^{ème} siècle basé sur les seuls critères de production et de simplification des pratiques. Ces techniques sont en décalage croissant avec les enjeux environnementaux des systèmes agricoles modernes. Ces dispositifs ont consommé une quantité significative des moyens de la recherche tant privée que publique.

La position de neutralité des chercheurs est également en contradiction avec le concept de régime socio-technique. Mobilisé notamment dans la théorie de la transition, le régime socio-technique se définit comme les réseaux conjoints des acteurs et des normes que les acteurs partagent autour d'un mode de fonctionnement d'un système ou d'une filière (Geels and Schot, 2007). Des mécanismes d'auto-renforcement accroissent l'efficacité du système mais facilitent aussi l'apparition de verrouillages qui ont été relevés dès la fin des années nonante aux Etats-Unis et plus récemment en Europe. Dans un mécanisme d'aller-retour, le chercheur voit ses questions de recherche définies dans un régime socio-technique donné et lui-même contribue au renforcement de certaines visions du monde et de certaines normes. Constaté cela n'implique pas un jugement de valeur mais objective l'impact des choix de recherche sur les trajectoires de développement et de transition de l'agriculture.

Vers des choix de recherche plus collectifs et interdisciplinaires

Si le chercheur a même inconsciemment une influence sur la trajectoire des systèmes, la transparence par rapport à cette influence est considérée par certains comme un devoir éthique (Dedeurwaerdere, 2013). Dans un monde où les ressources financières et intellectuelles sont limitées, le choix d'une question ou d'une trajectoire de recherche conduit à l'abandon de plusieurs autres pistes. Cette compétition entre trajectoires de recherche déplace la question de la neutralité du chercheur d'une question strictement individuelle à un enjeu collectif de compétition ou de complémentarité entre les voies de recherche. Investir dans le développement d'une plante transgénique est non seulement un choix positif d'exploration d'une question de science, c'est également un choix négatif car l'argent investi dans cette voie ne pourra pas être utilisé pour explorer d'autres questions scientifiques qui participent à d'autres trajectoires comme l'agriculture biologique.

Ce questionnement sur la pertinence et l'efficacité de la recherche peut aussi être facilité dans une approche interdisciplinaire. Cette approche favorise en effet la clarification des choix méthodologiques dans la construction d'une recherche commune. Dans l'entre soi d'une logique monodisciplinaire, les choix sont souvent implicites et comme « naturels » alors qu'au contact d'une autre discipline, ils doivent souvent être expliqués et donc susceptibles d'être mieux motivés. La multidisciplinarité est ainsi un enrichissement du lien à la réalité et notamment à la logique des acteurs de terrain. L'interaction entre agronomes et économistes est d'abord un gage de complémentarité des savoirs,

qui peut ouvrir une dynamique d'apprentissage autour d'objet partagés (Cerf et al., 2011 ; Duru, 2013).

Conclusion

Dans un monde agricole où le quotidien des acteurs évolue rapidement sous l'emprise de la mondialisation des enjeux, avec comme moteur le concept de compétitivité par rapport à des modèles américains ou asiatiques, le monde de la recherche peut explorer de nouvelles pistes à la condition de reconnaître l'absence de légitimité d'une position de neutralité, l'intérêt d'une approche pluridisciplinaire et l'opportunité de définir ensemble les questions et les méthodes de la recherche. Cette démarche ambitieuse oblige à une redéfinition rigoureuse des horizons et des échelles d'étude des systèmes. Dans une logique de transition, elle marque le passage d'une approche diffusionniste où primait l'invention technique à une logique d'apprentissage et de co-construction où se complètent sciences biotechniques, économiques et sociales (Geels, 2004 ; Lamine et al., 2012 ; Van Damme et al., 2014). Le niveau de l'exploitation est une des échelles où doivent se faire les arbitrages. C'est aussi le lieu naturel d'une interaction entre agronomes et économistes. De réelles synergies entre ces disciplines impliquent donc un réinvestissement de cette échelle et une vision modernisée du rôle du chercheur au sein des systèmes d'innovation.

Remerciements

L'auteur remercie les deux relecteurs pour leurs critiques précises et constructives.

Philippe Baret est membre du Groupe interdisciplinaire de recherches en agroécologie du FNRS (GIRAF).

Bibliographie

- Barling, D., 2011. The challenges facing contemporary food systems: European policy and governance pathways to sustainable food consumption and production. *Agron. Environ. Sociétés* 1, 15-25.
- Bonneuil, C., Thomas, F., 2012. Semences : une histoire politique: Amélioration des plantes, agriculture et alimentation en France depuis la Seconde Guerre mondiale. ECLM. Carson, R., 1962. *Silent spring*. Hamish Hamilton Limited.
- Cerf, M., Guillot, M.N., Olry, P., 2011. Acting as a change agent in supporting sustainable agriculture: how to cope with new professional situations? *J. Agric. Educ. Ext.* 17, 7-19.
- Cowan, R., Gunby, P., 1996. Sprayed to death: path dependence, lock-in and pest control strategies. *Econ. J.* 521-542.
- De Schutter, O., 2010. UN Special Rapporteur on the Right to Food. "Food Commodities Speculation and Food Price Crises." Briefing Note.
- Dedeurwaerdere, T., 2013. Les sciences du développement durable pour régir la transition vers la durabilité forte. Rapport au Ministre de la Recherche et du développement durable.

- Dumont, B., Fortun-Lamothe, L., Jouven, M., Thomas, M., Tichit, M., 2013. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *animal* 7, 1028-1043.
- Dupraz, C., Lagacherie, M., Liagre, F., Boutland, A., 1995. Perspectives de diversification des exploitations agricoles de la région Midi-Pyrénées par l'agroforesterie. Rapp. Fin D'études Command. Par Cons. Régional Midi-Pyrén. Inst. Natl. Rech. Agron. Montp. Contract AIR3 CT92-0134.
- Duru, M., 2013. Combining agroecology and management science to design field tools under high agrosystem structural or process uncertainty: Lessons from two case studies of grassland management. *Agric. Syst.* 114, 84-94.
- Ericksen, P.J., Ingram, J.S., Liverman, D.M., 2009. Food security and global environmental change: emerging challenges. *Environ. Sci. Policy* 12, 373-377.
- Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014. . Geneva.
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockstrom, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D., Zaks, D.P.M., 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478, 337-342.
- Geels, F.W., 2004. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Res. Policy* 33, 897-920.
- Geels, F.W., Schot, J., 2007. Typology of sociotechnical transition pathways. *Res. Policy* 36, 399-417.
- Graves, A.R., Burgess, P.J., Palma, J.H., Herzog, F., Moreno, G., Bertomeu, M., Dupraz, C., Liagre, F., Keesman, K., van der Werf, W., 2007. Development and application of bio-economic modelling to compare silvoarable, arable, and forestry systems in three European countries. *Ecol. Eng.* 29, 434-449.
- Jackson, T., 2009. *Prosperity Without Growth: Economics for a Finite Planet*, 1st ed. Earthscan Publications Ltd.
- Khush, G., 2001. Green revolution: the way forward. *Nat. Rev. Genet.* 2, 815-822.
- Lamine, C., Renting, H., Rossi, A., Wiskerke, J.H., Brunori, G., 2012. Agri-Food systems and territorial development: innovations, new dynamics and changing governance mechanisms, in: *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic*. Springer, pp. 229-256.
- Latour, B., Lépinay, V.A., 2008. *L'économie, science des intérêts passionnés: introduction à l'anthropologie économique de Gabriel Tarde*. Editions La Découverte.
- Laurent, E., 2011. *Social-écologie*. Flammarion.
- Lebacqz, T., Baret, P.V., Stilmant, D., 2013. Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 33, 311-327.
- Lin, B.B., Chappell, M.J., Vandermeer, J., Smith, G., Quintero, E., Bezner-Kerr, R., Griffith, D.M., Ketcham, S., Latta, S.C., McMichael, P., 2012. Effects of industrial agriculture on climate change and the mitigation potential of small-scale agro-ecological farms. *Anim. Sci. Rev.* 2011 69.
- Mantovani, A., 2006. Risk assessment of endocrine disrupters. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1076, 239-252.
- McIntyre, B.D., Herren, H.R., Wakhungu, J., Watson, R.T., 2009. *Agriculture at a Crossroads: Synthesis Report: A Synthesis of the Global and Sub-Global IAASTD Reports*, 2nd ed. Island Press.
- Merton, R.K., 1968. The Matthew effect in science: The reward and communication systems of science are considered. *science* 159, 56.
- Paillard, S., Treyer, S., Dorin, B., 2010. *Agrimonde: Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050*. Quae.
- Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sorlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J.A., 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472-475.
- Sadok, W., Angevin, F., Bergez, J.-É., Bockstaller, C., Colomb, B., Guichard, L., Reau, R., Doré, T., 2009. Ex ante Assessment of the Sustainability of Alternative Cropping Systems: Implications for Using Multi-criteria Decision-Aid Methods-A Review, in: *Sustainable Agriculture*. Springer, pp. 753-767.
- Smith, M.H., Hargroves, K., Desha, C., 2010. Cents and Sustainability: Securing our common future by decoupling economic growth from environmental pressures. Earthscan.
- SOLAGRO, 2014. "Afterres2050": quelle utilisation des terres en 2050 en France ?.
- Tilman, D., 2000. Causes, consequences and ethics of biodiversity. *Nature* 405, 208-211.
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., Polasky, S., 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671-677.
- Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T.C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., Vandermeer, J., Whitbread, A., 2012. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biol. Conserv.* 151, 53-59.
- Van Damme, J., Ansoms, A., Baret, P.V., 2014. Agricultural innovation from above and from below: Confrontation and integration on Rwanda's Hills. *Afr. Aff.* 113, 108-127.
- Vanloqueren, G., Baret, P.V., 2008. Why are ecological, low-input, multi-resistant wheat cultivars slow to develop commercially? A Belgian agricultural "lock-in" case study. *Ecol. Econ.* 66, 436-446.
- Vanloqueren, G., Baret, P.V., 2009. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Res. Policy* 38, 971-983.
- Weiner, J., 2003. Ecology – the science of agriculture in the 21st century. *J. Agric. Sci.* 141, 371-377.

Wilkinson, R., Pickett, K., 2010. The spirit level: Why equality is better for everyone. Penguin UK.